مروری بر تکنولوژی های حس کننده برای تولید دقیق محصول خاص

آذر خدابخشی کولایی[۱]، عبدالمجید معین فر[۲*]
۱.دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲*دانشجوی دکتری دانشگاه شهید محقق اردبیلی
ایمیل مکاتبه کننده: majid.mf90@yahoo.com

چکیده

با پیشرفت تکنولوژی های الکترونیکی وسیستم های اطلاعاتی، سیستم های حس کننده مختلفی برای تولید دقیق محصول خاص در سراسر جهان توسعه پیدا کردند. اطلاعات صحیح درخصوص متغیرهای فضایی در زمینه های گوناگون کشاوزری دقیق محصولات خاص بسیار مهم است. اگرچه این تنوع با عوامل متعددی از قبیل بازده محصول، خواص خاک، موادغذایی محصول، زیست توده، محتوای آب،شرایط آفت زا(بیماری،علف هرز و حشرات) تحت الشعاع قرار می گیرد. این عوامل را می توان با استفاده از انواع مختلف حس کننده ها و ابزاری از قبیل حس کننده های الکترونیکی زمین-مبنا، اسپکتورادیومترها،ماشین بینایی، هوابرد چندطیفی، حس کننده های کنترل از راه دور ابرطیفی، عکس ماهواره ای،آر اف آی دی و سیستم ماشین بویایی اندازه گیری نمود این مقاله مروری از این تکنولوژی های حس کننده ارایه می کند و در مورد چگونگی عملکرد آنها در کشاورزی دقیق و مدیریت محصول به خصوص محصولات خاص بحث می کند.

واژه‌های کلیدی:کشاورزی دقیق، حس کننده، ماشین بینایی، سایت محصول خاص

مقدمه

محصولات خاص با افزایش فشار بازار جهانی مواجه هستند که قابلیت ماندگاری طولانی مدت آن ها را تهدید میکند. در آمریکا قیمت بالای کارگر، دستیابی محدود به بازارهای جهانی و اقزایش رقابت میتوانند از عوامل حذف صتایع بیشمار تولید محصولات خاص در ده سال آینده باشند(Burks et al.,2008). این موقعیت می تواند یک تهدید جدی برای بقای جوامع روستایی و امنیت غذایی باشد.اکثریت سرمایه گذاری های تولید محصولات خاص متکی بر دستمزد پایین،کارگرهای بی مهارت و فصلی هستند. تحقیقات اجتماعی-اقتصادی نشان داده است که اتوماسیون در خیلی از بخش های صنعتی، فرصت های شغلی بیشتری را ا در حرفه های مختلف ایجاد می کند. این نتایج حاکی از کاهش دسترسی پست های شغلی برای کارگر های کم مهارت است در حالی که به ایجاد فرصت هایی برای کارگرهایی با مهارت بالاتر در شغل هایی که مرتبط با تولید، پشتیبانی، خدمات و سرمایه و صنایعی با خلق محصولات نو می پردازد که در بسیاری از

شرایط به رقابت بیشتری در بازار منتهی می گردد.این مقدمه ار اتوماسیون در صنایع تولید محصول برای ابزار و تکنولوژی هایی که باعث بهبود بازده و کیفیت محصول و همچنین کاهش آسیب های محیطی میگردند، حائز اهمیت است(Adamchuk, V.I et al, 1999)در نتیجه این تکنولوژی ها به استفاده گسترده ای از حس کننده ها نیاز دارد تا بتواند این وظایف را انجام دهد. این تکنولوژی های گسترده حس کننده ها شامل موارد زیر است:

۱)تکنولوژی های نوین برای کنترل کاربردهای مواد شیمیایی و مواد غذایی در راهی که سبب افزایش بازده، کاهش قیمت، افزایش امنیت کارگران و کاهش صدمات محیطی گردد. این تکنولوژی ها به استفاده گسترده ای از حس کننده ها نیازمند است.

۲) عملکرد ها با استفاده از حس کننده های غیرتماسی در رباتیک و مکاترونیک افزایش می یابد تا بهره وری را افزایش و هزینه کارگر را کاهش دهد. مثال ها شامل: تنک کردن، هرس، سم پاشی و برداشت مناسب است.

۳)سیستم های جهت یابی اتوماسیون که بتوانند برای عملیات مختلف کشاورزی مانند: برداشت، سم پاشی و ابزار و وسایل نقلیه به کار روند. این عملیات به تعدادی حس کننده محصول نیازمندند تا بتوانند به عنوان یک روش حساس به شرایط محصول محلی عمل کنند.

٤)کشاورزی دقیق شامل تکنولوژی هایی برای عملیات نقشه کشی و پیش بینی، سنجش خاک، مواد غذایی، عملیات کشتن آفات، کنترل آبیاری و غیره می باشد. کشاورزی دقیق سبب استفاده گسترده ای از حس کننده ها می شود تا بتواند هدف های صحیح و نیازهای محصول برای استعمال محصولات شیمیایی مختلف را شناسایی کند.

۵) نظارت بر بیماری ها و آفات بر اساس روش های مختلف شامل تعدادی از حس کننده ها مانند حس کننده های مبتنی بر فضا و حس کننده های کنترل از راه دور هوابرد و سیستم های مبتنی بر زمین با استفاده از حس کننده های غیرتماسی مجاورتی(Lee,W., Alchanatis, V et al, 2010)

توسعه حس کننده های حاضر و حس کننده های در حال ساخت، به زارعین اجازه می دهد که نظارت نزدیک و کنترل دقیقی در بسیاری از جنبه های تولید محصول داشته باشند. حس کننده های محدود به یک ناحیه و حس کننده های کنترل از راه دور می توانند برای نظارت موادغذایی گیاه و نیازهای رطوبتی، شرایط خاک و سلامت گیاه (شامل شناسایی حشرات و بیماری ها)به کار روند. کشاورزی دقیق بر اساس این منابع گسترده اطلاعاتی و تلاش هایی برای ارسال نیازهای مکان خاص با استفاده از متغیر خاص است. برای ایجاد یک زیرساخت گسترده و قابل اطمینان برای کشاورزی دقیق، یک نیاز مبرم برای داده هایی با قدرت تفکیک مکانی بالا و محدوده موضوعی گسترده وجود دارد.حس کننده های توصیف شده دقیقا برای این هدف توسعه یافتند: برای عملی کردن نیاز داده ها.با پیشرفت تکنولوژی های اطلاعاتی و الکترونیکی، سیستم های حس کننده مختلفی برای تولید محصولات خاص در سراسر دنیا گسترش یافتند. این مقاله تکنولوژی های حس کننده پیشرفته و کاربردی در کشاوزری دقیق جهت تولید محصول خاص را مرور می کند. این اطلاعات برای مدیریت دقیق

محصول از قبیل: بازده محصول، خواص خاک، موادغذایی محصول، زیست توده، محتوای آب،شرایط آفت زا(بیماری،علف هرز و حشرات) مورد نیاز است.روش ها و تکنولوژی های استفاده شده برای شناسایی اطلاعات محصول شامل: حس کننده های الکترونیک زمین-مبنا، اسپکتورادیومترها،ماشین بینایی، هوابرد چندطیفی، حس کننده های کنترل از راه دور ابرطیفی، عکس ماهواره ای،آر اف آی دی و سیستم ماشین بویایی می باشند. این مقاله این تکنولوژی های حس کننده را در چند بخش ارایه می کند و در مورد چگونگی کاربرد آنها را در کشاورزی دقیق و مدیریت محصول به خصوص بازده محصول بحث میکند.

-عملیات نقشه برداری بازده محصول خاص

-تصاویر کنترل از راه دور با وضوح بالا

بازده محصول، شاید یکی از مهمترین قسمت های اطلاعات برای مدیریت محصول در کشاوزری دقیق است. اثرات مختلف متغیرهای فضایی مانند: خواص خاک، مساحی، فراوانی گیاهان، حاصلخیزی، آبیاری و آلودگی آفات است. بنابراین یک نقشه بازده میتواند یا به تنهایی و یا با ترکیب دیگر اطلاعات مکانی، یک عامل ضروری برای عملیات مکان-مخصوص باشد(searcy et al., 1989). برخلاف دسترسی به اطلاعات و افزایش استفاده از مانیتورهای عملکرد بازده محصول، اما کماکان بسیاری از دروگرها به آن مجهز نشده اند.علاوه بر آن، داده های مانیتورهای عملکرد تنها می توانند برای مدیریت پس از فصل استفاده به کار روند، درحالی که بعضی مشکلات از قبیل کمبود مواد غذایی، تنش آب یا آلودگی آفات باید در طول زمان برداشت مدیریت شوند. تصاویر کنترل از راه دور در طول فصل برداشت به دست می آیند و پتانسیل این را دارند که نه تنها در مدیریت پس از فصل به کار روند، بلکه می توانند در مدیریت حین برداشت هم به کار روند.

-ماشین بینایی

ماشین بینایی بر اساس عکس های دیجیتالی است و سعی بر تقلید از قوه مشاهده انسان انسان در جمع آوری اطلاعات یا ورودی برای سیستم هایی را دارد که برای تولید محصول در ناحیه مشخص موردنیاز است. پرکاربرد ترین ماشین بینایی، از نوع حس کنندههای سیلیکونی است که به محدوده ۱۰۰۰-٤۰۰ نانومتر حساس هستند. از میان این گروه ماشین بینایی رنگی به دلیل قیمت پایین و کثرت اطلاعات موجود در عکس های رنگی، بسیار رایج است.ماشین بینایی رنگی شامل سه کانال طیفی عریض است (تقریبا ۱۵۰نانومتر)، در سه رنگ اصلی قرمز(٦۰۰نانومتر)، سبز(۵۵۰نانومتر) و آبی(٤۵۰نانومتر) تمرکز یافته اند. با این وجود هنوز هم از دوربین های چندطیفی با به کار گیری محدوده های خاص، برای افزایش قطعه بندی استفاده می شود.(Zandonadi et al., 2005) حوزه های اصلی که ماشین بینایی رنگی برای کشاورزی دقیق توسعه یافت شامل شناسایی علف هرز برای پاشش علف کش ها، شناسایی ردیف ها برای جهت یابی خودکار و شناسایی میوه ها برای برآورد بازده محصول و برداشت روباتیک هستند.شاید بحرانی ترین مشکل در کارکرد ماشین بینایی، مشکلات تغییر رنگ است که به علت تنوع نور هم در محتوای طیفی و هم در محتوای شدت نور می باشد. تکرارهای معمول (وقتی موضوع

بحث تغییرات شدت نور باشد) با استفاده از نسبت های رنگ هاست، درحالی که تغییرات در محتوای طیفی،مشکلات بیشتری را از خود نشان می دهد. روش های مختلفی برای تبدیل عکس به سیاه و سفید، در هنگام تنوع شدت نور پیشنهاد شده است(Onyango and Marchant, 2003;Granitto et al.,2005;Tian and Slaugher, 1998;Nieuwenhuizen et al.,2007). این روش ها بر اساس نسبت هایی بین کانال های رنگ یا شاخص هایی مانند سبز مفرط (EG)،قرمز کمتر از آبی(RB) یا موقعیت زاویه ای یک پیکسل در یک صفحه نرمال به بردار روشنایی در فضای مختصات آبی، قرمز و سبز می باشد.همچنین تغییرات طیفی در روشنایی، می توانند در زمان تولید فرضیات درباره فرم های کاربردی خصوصیات طیفی نور، جبران شوند. بیشتر فعالیت ها در کشاورزی دقیق در هوای آزاد و زیر نور طبیعی انجام می شوند. وقتی نور طبیعی خورشید به عنوان منبع اصلی نور در نظر گرفته شود، می توان عکس تک رنگی را که نسبت به تغییرات طیفی نور ثابت است، را از یک عکس سه–نوار رنگی استخراج نمود(Marchant et al., 2004).

–دما نگاری

تصویربرداری حرارتی برای برآورد تعداد میوه ها در باغ استفاده می شود (Stajnko et al., 2004; Wachs et al., 2009; Bulanon et al., 2008). شناسایی میوه ها بر اساس این فرضیه است که دمای آنها به طور قابل ملاحظه ای با دمای اطرافشان متفاوت است. این فرضیه در بسیاری از نمونه ها صدق می کند، زیرا خواص ترمودینامیکی میوه ها از خواص اشیا پیرامونشان کاملا متفاوت است. هم میوه ها و هم زیست توده اساسا شامل آب هستند، ولی جرم میوه ها معمولا بیشتر از دیگر المان های زیست توده ها مانند ریشه ها می باشد، پاسخ ترمودینامیکی گذرا و ثابت زمانی پاسخ گذرا در میوه ها و زیست توده ها کاملا با هم تفاوت دارد. با این وجود دمای میوه ها همچنین تحت تاثیر شدت تابش غیرمستقیم، دمای محیط، رطوبت نسبی و سرعت باد قرار می گیرد.الگوریتم های پردازش تصویر زمانی در شناسایی میوه ها موثرتر عمل می کنند که تقابل بین میوه ها و محیط ماکزیمم باشد. در یک کوششی که برای ارزیابی بهترین زمان شناسایی میوه ها انجام شد،یک تنوع گرمایی موقتی در ریشه مرکبات مشاهده شد(Bulanon et al., 2008) .یک تفاوت دمایی نسبتا زیادی بین میوه و ریشه از ساعت چهار بعد از ظهر تا نیمه شب اتفاق افتاد. Stajnko و همکاران (۲۰۰٤) از تصویر حرارتی شبه رنگ و ابزارهای پردازش تصویر برای شناسایی میوه ها استفاده کرد.در این روش اطلاعات دمایی در عکس بر اساس نقشه رنگ انتخاب شده به رنگ تبدیل می شود. ممکن است نتایج پردازش تصویر به کدگذاری رنگ تصویر شبه رنگ بستگی داشته باشد.تعداد سیب هایی که به طور اتوماتیک شناسایی شدند، به میزان بسیاری با تعداد میوه هایی که با دست در عکس شمرده شدند، مرتبط بود. علاوه بر آن قطر میوه را می توان به کمک تصاویر حرارتی ارزیابی کرد، زمانی که میوه ها رسیده هستند، نتایج دقیق تر است.

–شناسایی علف هرز برای سم پاشی مکان خاص

شناسایی علف هرز برای مدیریت سم پاشی مکان خاص شاید یکی از پرایج ترین کاربردهای ماشین بینایی باشد. از دو جنبه لازم است علف هرز به طور اتوماتیک شناسایی گردد: الف)شناسایی حضور علف هرز در زمین در حین جدا کردن آن ها از محصول و ب) شناسایی گونه علف هرز در میان علف های هرز شناسایی شده برای استفاده از ماده شیمیایی مناسب و

صحیح برای سم پاشی. اولین وظیفه آسان تر است زیرا باید دو گروه را از هم تفکیک کند، درحالی که وظیفه دوم پیچیده تر است زیرا گروه های بسیار مختلفی از علف های هرز وجود دارد.شناسایی گیاه زراعی وظیفه تکمیلی برای شناسایی علف هرز است.گاهی اوقات وقتی گیاهان زراعی یکنواخت تر از علف هرز کشت شده باشند و ساختار هندسی منظم تری داشته باشند، این وظیفه آسان تر می گردد.این روش با به کار گیری از علف کش های مناسب و انتخابی (Lee et al., 1999)و سیستم های وجین مکانیکی که به طور مداوم عملیات علف کشی را بدون آسیب رساندن به گیاه زراعی انجام می شود(Van der Weide et al., 2008; Tillett et al., 2008)بعضی از آن ها از سیستم های شناسایی محصول ساده ای استفاده می کنند که بر اساس جلوگیری ار نور است (Van der Weide et al., 2008)و بعضی دیگر گیاهان زراعی را بر اساس ترکیب دو فاکتور رنگ و شکل با طبقه بندی الگوریتم شناسایی می کنند مانند الگوریتم های موج دو بعدی (Tillett et al., 2008).در یک روش نسبتا متفاوت دیگری، یک نقشه برای گیاه در طول دوران کاشت یا پیوندزنی با ثبت موقعیت در زمین را می توان درست نمود. در این روش باید از سیستم هایی با دقت بالا و جی پی اس زمان حقیقی باید استفاده نمود (Ehsani et al., 2004; Sun et al., 2009). یک دقت ۳-۲ سانتیمتری در موقعیت ترسیم شده گیاه گزارش شد که این روش را برای پاشش انتخابی علف کش مناسب می سازد.

-شبکه های حسگر برای کشاورزی و نظارت بر زمین

داده های محیطی در کشاورزی بسیار مهم است.از آنجایی که بازده و عملکرد محصول به شرایط محیطی بستگی دارد و پاسخ رشد گیاه با تغییرات شرایط محیطی بسیار پیچیده است. به تازگی تکنولوژی توالی با توان عملیاتی بالا قادر است ژنوم گیاه کامل را در مدت زمان کوتاه تعیین کند(Shendure and Ji, 2008).

-شبکه های حسگر بی سیم چیست؟

یک شبکه حسگر بی سیم شامل گره های حسگر توزیع شده است که شامل حسگرها و یک وسیله ارتباطی بی سیم است. سایز واقعی گره این حس کنندهها که به یک جعبه ضدآب مجهز شده، بسیار کوچک است. قطرهای آن ها بین ۲۰-۱۰ سانتیمتر یا گاهی اوقات بزرگتر است،شامل دو قطب که آن را به زمین وصل می کند، پنل های خورشیدی، باطری های خورشیدی و حسگرهای خارجی است.در آینده یک گره حسگر یک قطعه تک خواهد بود و سایز آن می تواند به کوچکی یک ذره غبار باشد(Kahn., 1999).

-شبکه های حسگر برای کشاورزی

شبکه های حسگر بی سیم یک تکنولوژی جدید است که می تواند داده های پردازش شده مزرعه را به طور آنی از حس کننده های توزیع شده در مزرعه فراهم کند.(شکل۱) کاربردهای شبکه های حسگر در کشاورزی شامل موارد زیر است:

-مدیریت کشاورزی- کشاورزی دقیق- بهینه سازی رشد گیاه- نظارت بر مزارع- تبلیغات برای مشتری ها- آموزش برای کشاورزی بهتر- تحقیق

شکل ۱. استقرار شبکه های حسگر در مزارع

-حس کننده های پیشرفته برای شبکه های حسگر کشاورزی

شبکه های حس کننده قادرند عکس های با وضوح تصویر بالا را در مزرعه در زمان حقیقی جمع آوری می کند. این حس کننده های عکس یک نوع از حس کننده های همه کاره هستند که می توانند برای حس کردن از راه دور برای نظارت بر رشد گیاه به کار روند.(Hirafuji et al., 2004).نرخ رشد گیاه را می توان به کمک این حس کننده ها اندازه گیری کرد. برای مثال (Wabuchi and Hirafuji.,2002) دریافتند که جوانه گیاهان در شب چرخش می کند که می توان نرخ رشد هر جوانه را با اندازه گیری بیشینه سرعت چرخش آن تخمین زد. سرعت چرخش را می توان به آسانی از روی عکس های گذر زمان با استفاده از تکنیک جریان نوری اندازه گرفت.

نتیجه گیری

در این مقاله مروری بر چند روش از کاربرد حسگرها در کشاورزی دقیق صورت گرفت که شامل نقشه برداری، ماشین بینایی، دمانگاری و شناسایی علف هرز بود. اما کاربرد سنسورها تنها به این موارد محدود نشده و شامل کاربردهای گسترده تری از پردازش تصویر به کمک ام آر آی گرفته تا کاربرد حسگرهای بسیار پیشرفته در تراکتور ها و کمباین ها می باشد. همانگونه که در این مقاله بحث شد، این حسگرها از دقت نسبتا بالایی برخوردار بوده و نتایج قابل قبولی را ارایه می دهند اما محققان کماکان مشغول انجام مطالعات و آزمایشات بیشتری هستند که بتوانند با بالابردن دقت و کیفیت این سنسورها، بازدهی عملی بیشتری در مزرعه داشته باشند. در صورت تحقق این امر به خصوص در بخش شبکه های حسگر، آینده ای درخشان را در بخش تولید محصول با حداکثر بازدهی و حداقل هزینه نظاره گر خواهیم بود.

منابع وماخذ:

1. Adamchuk, V.I. Morgan, M.D. Ess, D.R. 1999. An automated sampling system formeasuring soil pH. Trans. ASAE 42 (4), 885–891

2. Bakker, T. Wouters, H. van Asselt, K. Bontsema, J. Tang, L. Muller, J. van Straten,G. 2008. A vision based row detection system for sugar beet. Comput. Electron.Agric. 60, 87–95P.

3. Bulanon, D.M. Burks, T.F. Alchanatis, V. 2008. Study on temporal variation in citruscanopy using thermal imaging for citrus fruit detection. Biosyst. Eng. 101 (2),161–171.

4. Bulanon, D.M. Kataoka, T. Ota, Y. Hiroma, T. 2002. Segmentation algorithm for theautomatic recognition of Fuji apples at harvest. Biosyst. Eng. 83, 405–412

5. Ehsani, M.R. Upadhyaya, S.K. Mattson, M.L. 2004. Seed location mapping using RTKGPS. Trans. ASAE 47 (3), 909–914.

6. Hirafuji, M. 2009. The Multimedia Sensor Network with Field Servers, The instituteof electronics, information and communication engineers technical report ofIEICE, 92(4), pp. 307–309

7. Hirafuji, M. Yoichi, H. Watanabe, T. Asai, M. Hu, H. Tanaka, K. Fukatsu, T. Kiura, T. Ninomiya, S. 2008b. Real-time Insect Monitoring System by Using Field Server,Proc. of Joint Conference of IAALD. AFITA WCCA 2008, 277–282.

8. Kahn, J.M. Katz, R.H. Pister, K.S.J. 1999. Mobile networking for smart dust. In:ACM/IEEE Intl. Proc. of Conf. on Mobile Computing and Networking (MobiCom99), pp. 17–19.

9. Lee, W.S. David, C. Slaughter, D.K. Giles, 1999. Robotic weed control system fortomatoes. Precision Agric. 1 (1), 95–113.

10. Lee,W. Alchanatis, V. Yang, C. Hirafuji, M. Moshou,D. Li, C. 2010. Sensing technologies for precision specialty crop production. Computers and Electronics in Agriculture.74:2-33.

11. Marchant, J.A. Tillett, N.D. Onyango, C.M. 2004. Dealing with color changes causedby natural illumination in outdoor machine vision. Cybernet. Syst. 35, 19–33.

12. Nieuwenhuizen, A.T. Tang, L. Hofstee, J.W. Muller, J. van Henten, E.J. 2007. Colorbased detection of volunteer potatoes as weeds in sugar beet fields usingmachine vision. Precision Agric. 8, 267–278.

13. Onyango, C.M. Marchant, J.A. 2003. Segmentation of row crop plants from weedsusing color and morphology. Comput. Electron. Agric. 39, 141–155

14. Searcy, S.W. Schueller, J.K. Bae, Y.H. Borgelt, S.C. Stout, B.A. 1989. Mapping of spatially variable yield during grain combining. Trans. ASAE 32

15. Stajnko, D. Lakota, M. Hoevar, M. 2004. Estimation of number and diameter of applefruits in an orchard during the growing season by thermal imaging. Comput.Electron. Agric. 42, 31–42.

16. Sun, H. Slaughter, D.C. Ruiz, M.P. r. Gliever, C. Upadhyaya, S.K. Smith, R. 2009.Development of an RTK GPS plant mapping system for transplanted vegetablecrops. ASABE Paper No. 096408. St. Joseph, Mich.: ASABE.

17. Tillett, N.D. Hague, T. Grundy, A.C. Dedousis, A.P. 2008. Mechanical within-rowweed control for transplanted crops using computer vision. Biosyst. Eng. 99,171–178

18. van der Weide, R.Y. Bleeker, P.O. Achten, V. Lotz, L.A.P. Fogelberg, F. Melander,B. 2008. Innovation in mechanical weed control in crop rows. Weed Res. 48,215–224.

19. Wachs, J. Stern, H. Burks, T.F. Alchanatis, V. 2009. Multi-modal registration usinga combined similarity measure. In: Tiwari, A., Knowles, J., Avineri, E., Dahal, K.,Roy, R. (Eds.). Applications of Soft Computing: Recent Trends. Springer Verlag,Germany, Series: Advances in Soft Computing, vol. 38, pp. 170–180.

20. Zandonadi, R.S. Pinto, F.A.C. Sena, D.G. Queiroz, D.M. Viana, P.A. Mantovani,E.C. 2005. Identification of lesser cornstalk borer-attacked maize plants usinginfrared images. Biosyst. Eng. 91, 433–439.

Sensing technologies for precision specialty crop production

Abstract

With the advances in electronic and information technologies, various sensing systems have been developed for specialty crop production around the world .precise information concerning the spatial variability within fields is very important for precision farming of specialty crops. However, this variability is affected by a variety of factors, including crop yield, soil properties and nutrients, crop nutrients, crop canopy volume and biomass, water content, and pest conditions (disease, weeds, and insects). Sensing techniques for crop biomass detection, weed detection, soil properties and nutrients are most advanced and can provide the data required for site specific management. This paper presents a review of these sensing technologies and discusses how they are used for precision agriculture and crop management, especially for specialty crops.

Keywords: precision agriculture, sensor, machine vision, site-specific specialty crop